

Ontwerp en uitvoering van een persleidingkruising met de rivier de Lek door middel van de bestuurbare horizontale boormethode

1. Inleiding

In opdracht van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden is in de gemeente Liesveld de afvalwater-zuiveringsinrichting (awzi) 'Gelkenes' gerealiseerd. De inrichting heeft een regionale functie en zuivert het afvalwater afkomstig uit het noordoostelijk deel van de Alblasserwaard.



IR. E. GRENTZIUS
DSBV ingenieurs en architecten
Rotterdam

Op grond van een haalbaarheids-onderzoek heeft het zuiveringsschap besloten ook de gemeente Schoonhoven – gelegen aan de overzijde van de Lek – op de awzi aan te sluiten. Voor het uitvoeren van de persleidingkruising is de keuze bepaald op de bestuurbare horizontale boring over een lengte van 650 meter. In het voorgaande artikel van de hand van ir. M. v. d. Molen worden de voor-geschiedenis van het project en het principe van de boormethode uitgebreid toegelicht. In dit artikel zal nader worden ingegaan op het technisch ontwerp en de uitvoering.

Ontwerp en uitvoering zijn in verband met de aanmerking als 'proefproject' door de provincie Zuid-Holland begeleid door een commissie. Hierin hadden zitting de opdrachtgever, de betrokken Hoogheem-raadschappen van de 'Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden' en de 'Krimpener-waard', de provincie Zuid-Holland, Grondmechanica Delft, Visser en Smit Hanab BV en ons bureau.

Op deze wijze is in de voorbereiding een integratie gewaarborgd van de beschik-bare kennis op grondmechanisch, leiding-technisch en uitvoeringstechnisch gebied.

2. Tracékeuze en verticaal profiel

Voor de keuze van een tracé zijn een aantal factoren bepalend:

- de locatie van het bestaande hoofdriool-gemaal te Schoonhoven en van de awzi Gelkenes;
- aanwezige obstakels (paalfunderingen);
- de ruimte benodigd voor het opstellen van de boorinstallatie en het uitleggen van de definitieve leiding;
- de bodemopbouw in alternatieve tracé's.

In afb. 1 (situatie) is het gekozen tracé weergegeven. Het intredepunt en de boorstelling bevinden zich op een terrein, gelegen naast de bestaande awzi Schoon-

Samenvatting

Op grond van het geotechnisch onderzoek worden het tracé en het verticaal profiel van de leiding gekozen, alsmede de toelaatbare drukken in het boorgat gedurende de uitvoering bepaald. De diverse belastingstoestanden tijdens het boren en in de gebruiksfase worden behandeld, waarmee de sterkte van de stalen mantelbuis berekend kan worden. Tenslotte wordt het verloop van de uitvoering van de boring kort beschreven.

hoven. Het uitredepunt ligt juist ten westen van het industrieterrein Gelkenes in het weiland, waar voldoende ruimte is voor het uitleggen van de in te trekken definitieve leiding.

Rekening is ook gehouden met een mogelijke afwijking van het theoretisch tracé, die maximaal één procent zal bedragen van de lengte gerekend vanaf de boorstelling.

In het tracé is een horizontale bocht gebracht om de diepe paalfundering ter plaatse van de silo's van de op de zuidelijke oever gelegen betonfabriek te vermijden.

Het verticale leidingprofiel is bepaald door:

- de bodemopbouw; de boring vindt grotendeels plaats in het pleistocene zand, waarbij grof zand en grindpakketten bij voorkeur vermeden worden;
- de gronddekking op de leiding, die voldoende groot moet zijn om de benodigde boordrukken te kunnen handhaven;
- de aanwezigheid van obstakels;
- het elkaar niet mogen beïnvloeden van waterkeringen, inclusief toekomstige verzwaren, en de leiding;
- de te realiseren kromtestraal.

Het gekozen profiel is gegeven in afb. 2, waarin tevens het aangetroffen bodem-profiel is opgenomen.

Het zand beneden het niveau van 14.00 m-NAP bleek grofkorreliger en vermengd met grind, zodat de leiding boven dit niveau ligt.

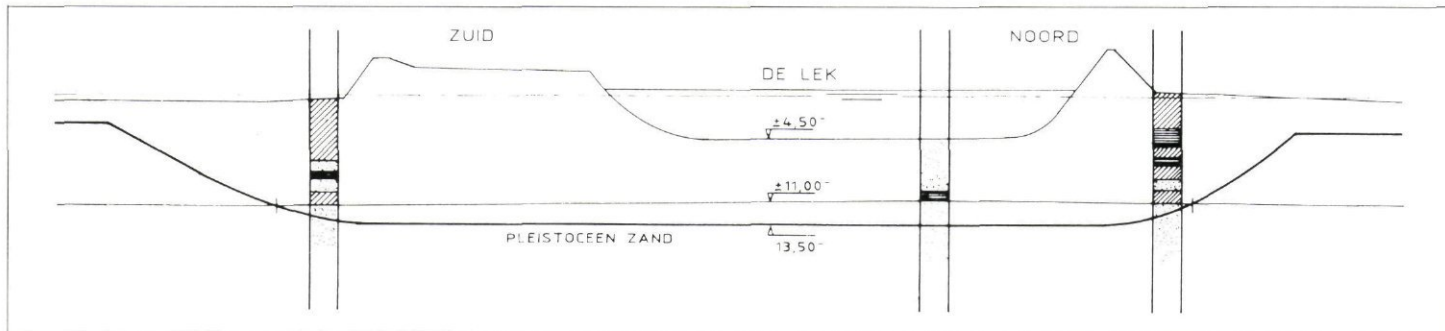
Dit leidde tot een geringe dekking ter plaatse van de stroomgeul aan de noord-zijde van de rivier, waaraan in het ontwerp nader aandacht is geschonken.

3. Toelaatbare boordrukken

Het boren geschiedt door onder druk een bentonietspoeling aan de boorkop te laten uitreden en vervolgens vermengd met



Afb. 1 - Situatieoverzicht met het gekozen tracé.



Afb. 2 - Gekozen profiel van de boring in het bodemprofiel.

grond langs de buitenwand terug te laten stromen.

Dit gebeurt bij zowel het aanbrengen van de geleidebuis en eventuele spoelbuis, als bij het intrekken van de definitieve leiding, eventueel nog voorafgegaan door een ruimingsfase. In geval van een belemmerde afvoer van de bentoniet-spoeling kan onder invloed van de druk in de spoeling rond de boorkop een plastische zone ontstaan. De straal van deze plastische zone en daarmee de boordruk wordt vanwege het gevaar van opbarsten beperkt door de dekking op de leiding waarbij rekening moet worden gehouden met een veiligheidsfactor [lit. 1]. Belangrijkste theoretisch bezwaar tegen een analytische berekening van de toelaatbare boordruk zou voor de onderhavige leiding zijn, dat de formules gelden voor homogene isotrope grondpakketten. Daarmee komt ondermeer het positief ingeschatte effect van de sterk cohesieve tusseliggende kleilaag (zie afb. 2) niet tot uiting.

De situatie is ook te beschrijven met behulp van een numeriek eindig-elementen-model. Grondmechanica Delft beschikt over een dergelijk model met de mogelijkheid zowel elastisch als plastisch vervorming te laten plaatsvinden. De door hen uitgevoerde berekeningen toonden aan, dat de toelaatbare boordrukken bij numerieke berekening inderdaad hoger waren, maar dat een analytische berekening alleen ook bruikbare resultaten opgeleverd zou hebben (het verschil in toelaatbare druk bij beide berekeningen bedroeg ca. 6%). Voor nadere informatie wordt hier verwezen naar lit. 2.

De toelaatbare boordruk bleek het laagst ter plaatse van de stroomgeul aan de noordzijde van de Lek (500 kN/m^2 , exclusief de aanwezige hydrostatische druk, bij inbrengen van de definitieve leiding). Dit drukkiveau werd voor de uitvoering te gering geacht. Door het uitvullen van de geul zal de druk over de totale lengte van het rivierbed op ca. 700 kN/m^2 gebracht worden.

4. Stabiliteit van de dijken

De plastische zone rondom de boorkop c.q. leiding kan ook van invloed zijn op de stabiliteit van de dijken, zowel landinwaarts als aan de rivierzijde.

Hiervoor zijn door ons bureau berekeningen uitgevoerd.

De maatgevende glijcirkels voor de uitgangssituatie doorsneden de klei-/veenlaag op 10 m-NAP; de veiligheidscoëfficiënten varieerden van 1,6 (Gelkenes, binnenwaarts) tot 2,2 (Schoonhoven, rivierzijde).

Voor de binnenwaartse stabiliteit aan Schoonhovense zijde, waar het opgaande boorgat de maatgevende glijcirkel zeer dicht nadert, bleek uit een aanvullende berekening met sterk verhoogde water- spanningen in de klei-/veenlaag op 10 m-NAP de veiligheidsfactor te dalen van 2,1 tot 1,6.

Deze daling wordt acceptabel geacht, omdat:

- de wateroverspanning tijdelijk is;
- de boring in de lengterichting van de dijk gezien slechts zeer plaatselijk is met welk aspect in de tweedimensionale glijcirkelberekeningen geen rekening is gehouden;
- op enige afstand van de plaats van de boring de veiligheidsfactor eveneens 1,6 bedraagt.

5. Leidingontwerpberekeningen

De afvalwaterpersleiding is gelegen in een zandpakket, waaraan aan Schoonhovense zijde grondwater wordt onttrokken ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Gekozen is daarom voor het toepassen van een stalen mantelbuis (diameter

508 mm uitwendig) met een afvalwater-voerende kunststofleiding (hdpe diameter 400 mm uitwendig).

Hierna zullen in hoofdlijnen de optredende belastingen en resulterende spanningen behandeld worden voor de stalen mantelbuis. Onderscheid is gemaakt in een uitvoeringsfase en een gebruiksfase die gekenmerkt worden door verschillende belastingstoestanden.

5.1 Uitvoeringsfase

Van belang zijn de volgende belastingen:

- a. De trekkracht, die tijdens het intrekken in de definitieve leiding een trekspanning teweegbrengt;
- b. De opdrijvende kracht, die de leiding in de vloeibare spoeling ondervindt, verminderd met het eigen gewicht, resulteert in een verticaal gerichte grond- druk. De eigen stijfheid van de leiding, waaraan in verticale zin een kromming opgelegd is, beïnvloedt ook de grond- druk.

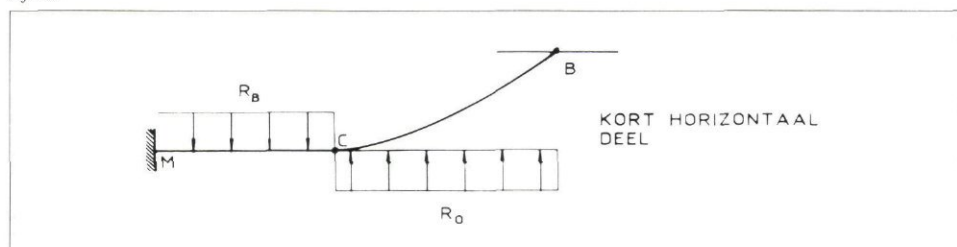
Met betrekking tot de berekeningen zal een aantal hoofdpunten behandeld worden.

Op basis van praktische ervaring is de maximale trekkracht gesteld op 800 kN . Met behulp van de kettinglijntheorie worden voor het opgaande been een normaalkracht en een verticale grond- reactie berekend.

Opdrijvende kracht minus eigen gewicht geven, uitgaande van een 'slappe' leiding, een in de lengterichting gelijkmatig verdeelde verticale grondreactie.

De grondreacties, gepaard gaande met de aan de stijve leiding opgelegde vervorming, worden in de provinciale

Afb. 3



richtlijnen [lit. 1] berekend met het volgende model.

In het midden van het horizontale deel van de boorgang wordt de leiding ingeklemd gedacht. In het horizontale deel ondervindt de leiding een neerwaarts gerichte, gelijkmatig verdeelde belasting, in het opgaande been een opwaarts gerichte gelijkmatig verdeelde belasting (afb. 3). Voor leidingen met een relatief lang horizontaal deel, zoals hier het geval is, blijkt dit model niet geschikt, omdat uit de vergelijkingen een irreële verplaatsing van punt C volgt. In werkelijkheid is er sprake van een fictieve inklemming even links van C in het horizontale deel. De gelijkmatig verdeelde belasting volgt uit de oprijvende kracht, eigen gewicht en opgelegde vervorming.

Op basis van het bovenstaande vindt de spanningscontrole voor de buiswand plaats.

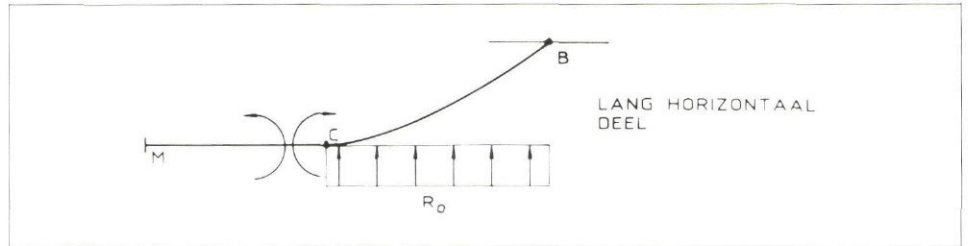
In tangentiële richting zijn van belang:

- de indirect overgedragen trekkracht;
- de direct overgedragen overige belastingen.

De spanningen zijn conform de richtlijnen te bepalen met de bekende formules van Spangler/Bish en blijken in totaal verwaarloosbaar klein.

In axiale richting is er sprake van:

- een normaalspanning ten gevolge van het intrekken;
- een buigspanning uit de opgelegde kromtestraal ($R = 1000 \cdot D$), die bij wijze



Afb. 4.

van onzekerheidsfactor nog met 10% wordt verkleind.

De gevonden normaalspanning is aanzienlijk en wordt conform de richtlijnen getoetst aan de toelaatbare spanning (2/3 van de vloeispanning). Aangezien het een tijdelijke situatie betreft, behoeft geen schadefactor als reductie op de toelaatbare spanning gehanteerd te worden.

5.2 Gebruiksfase

In de gebruikstoestand kunnen de volgende belastingen worden onderscheiden:

a. Inwendige druk

Deze is voor de stalen mantelbuis verwaarloosbaar klein.

b. Zettingsverschillen

Het horizontale deel van de mantelbuis bevindt zich in het vaste zand, de - in slappe grond gelegen - opgaande benen zijn enigszins aan zettingen onderhevig. Deze verminderen echter de kromming, waardoor de axiale spanningen afnemen. Aan het uiteinde van de mantelbuis moet de watervoerende hdpe-leiding een uitvoeringssprongzakking van 0,10 m kunnen overbruggen.

c. Temperatuurverschillen

Volgens de provinciale richtlijnen hoeft geen temperatuurverschil in rekening gebracht te worden.

d. Opgelegde buiging

De mantelbuis zal in het opgaande deel de opgelegde kromming door de gronddruk behouden.

Het horizontale deel kan worden beschouwd, als een verend ondersteunde, half oneindige ligger, welke wordt belast met een moment en dwarskracht (afb. 4).

e. Bovenbelasting

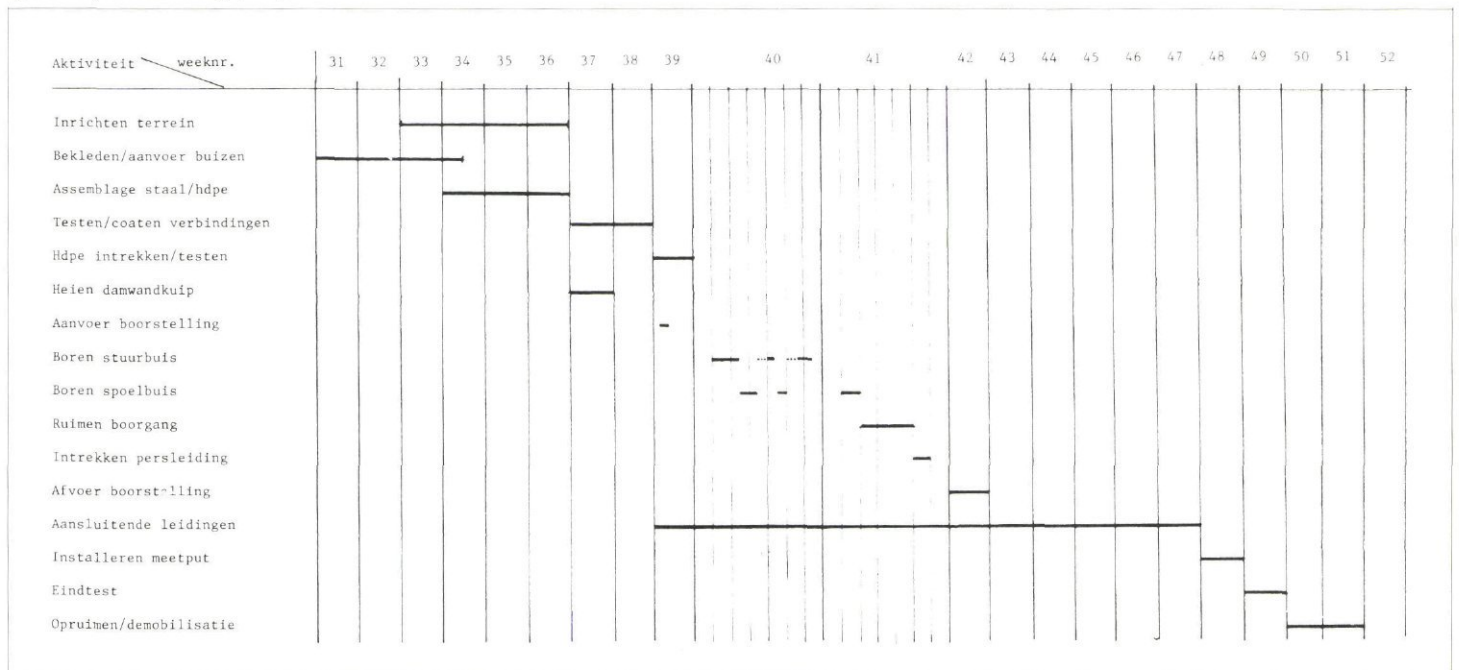
De stalen mantelbuis wordt in tangentiële richting berekend op de neutrale grondbelasting en verkeersbelasting.

Maatgevend is in dit geval de neutrale grondbelasting op grote diepte, waar de verkeersbelasting nihil is.

Bij de spanningscontrole in tangentiële richting zijn van belang:

- de grondreactie ter plaatse van de verende inklemming links van C, te berekenen met de formules van Hetenyi; uit de indirect overgedragen belasting volgen de tangentiële spanningen;
- de neutrale bovenbelasting op grote

Afb. 5 - Tijdschema boring (1988).



diepte, te berekenen met de formules voor een direct overgedragen belasting (belastinghoek 180°, opleghoek 120°). In axiale richting resteert de opgelegde vervorming, welke ook reeds voor de gebruiksfase berekend is.

De beschreven ontwerpberoeeningen hebben uiteindelijk geleid tot een wanddikte voor de mantelbuis (diameter 508 mm) van 15,1 mm, uitgaande van een 'vloeispanning' van 240.000 kN/m².

6. Diverse voorzieningen

De stalen mantelbuis wordt ter voorkoming van corrosie uitwendig voorzien van een slijtvaste gesinterde polyetheen-bekleding met een minimale dikte van 2,5 mm.

Inwendig blijft de leiding onbekleed. De ruimte tussen mantelbuis en hdpe-leiding wordt afgesloten en gevuld met water.

Door het continu meten van de druk in een aparte meetput kan worden geconstateerd of mantelbuis, dan wel watervoerende buis lek zijn; deze voorziening is aangebracht met het oog op de ligging in een waterwingebied. Om kwel langs de leiding in de definitieve toestand te voorkomen is aan beide uiteinden van de leiding een kleikist voorzien.

7. Uitvoering

De boring is gerealiseerd in de maand oktober 1988, nadat in de daaraan voorafgaande periode de stalen mantelbuis en hdpe-leiding gereed gemaakt en beproefd zijn.

Het verloop van de booractiviteiten in de tijd is weergegeven in afb. 5

De eigenlijke boring is, afgezien van de tijd nodig voor opstellen en demonteren van de boorstelling, voltooid binnen een tijdsbestek van 2 weken.

Het werkelijke uittredepunt van de stuurbuis bevond zich 1,1 m rechts (vanaf de stelling gezien) en 4,0 m voorbij het geplande uittredepunt.

De afwijking loodrecht op de leidingtracé blijft daarmee binnen de vereiste 1% van de boorlengte.

De afwijking in lengterichting was enigzins groter dan verwacht, waarschijnlijk als gevolg van een geringe tegendruk in de slappe lagen bij het omhoogkomen van de stuurkop. Deze afwijking in het verlengde van het boortracé was hier echter weinig bezwaarlijk.

Tijdens het boren in de slappe lagen is zowel aan de noordzijde, als aan de zuidzijde van de rivier bentoniet uitgetreden. Aan Gelkenese zijde betrof dit het uit-treden van een geringe hoeveelheid bentoniet in de boomgaard op ca. 600 m van de boorstelling. Waarschijnlijk is hier sprake geweest van (oude) boor- of kwelgang.

Een grotere hoeveelheid is aan het oppervlak gekomen bij de ijsbaan aan Schoonhovense zijde tijdens het laatste deel van het intrekken van de definitieve leiding. Hier heeft mogelijk een rol gespeeld, dat bentoniet zich langs horizontale laag-scheidingen makkelijker kan verplaatsen dan verwacht. In de gehanteerde modellen voor de toelaatbare boordruk is dit aspect niet verwerkt.

Aangezien het volumegewicht van de bentonietspoeling en het slappe veenpakket vergelijkbaar zijn, wordt echter niet verwacht, dat hierdoor nieuwe kwelwegen zijn geïntroduceerd.

De stabiliteit van de waterkeringen is evenmin in gevaar geweest, doordat het zich op grote afstand van de dijken afgespeeld heeft.

Concluderend kan worden gesteld, dat de boring in een kort tijdsbestek en binnen de gestelde technische randvoorwaarden tot stand gekomen is.

Literatuuroverzicht

1. (1985) *Richtlijnen voor leidingkruisingen met waterstaatswerken volgens de bestuurbare horizontale boormethode*. Provinciale Waterstaat Zuid-Holland.
2. (1987). *Verslag symposium 'Leidingen grondig besproken'*. Grondmechanica Delft.



CUWVO publiceert herziene nota afvalwaterproblematiek laboratoria

In verband met de aanwijzing van een aantal laboratoria als WVO-vergunningplichtige bedrijven in het kader van de 2e fase van de zogenaamde AMvB-Inrichtingen heeft de CUWVO het rapport over afvalwaterproblematiek van laboratoria uit 1982 herzien.

Uit het rapport blijkt dat er in totaal in Nederland circa 2.000 laboratoria zijn. De afvalwaterproblematiek van laboratoria kan slechts globaal worden weergegeven mede in verband met de diversiteit van de uitgevoerde werkzaamheden en het grote scala gebruikte chemicaliën.

Op grond hiervan komt de CUWVO tot de volgende aanbevelingen:

- laboratoria moeten interne voorschriften opstellen gericht op bestrijding aan de bron (onder andere aparte opvang, gescheiden afvoer van zwarte-lijststoffen en mengsels die zwarte-lijststoffen bevatten);
 - het ontstaan van afvalstromen die milieubezwaarlijk zijn moet zoveel mogelijk worden voorkomen danwel worden verminderd (onder andere zoveel mogelijk beperking van analyses/syntheses, ontwikkeling van vervangende bepalingen/methoden, gebruik zwarte-lijststoffen zoveel mogelijk vermijden).
- De CUWVO adviseert de desbetreffende waterkwaliteitsbeheerders bij de WVO-vergunningverlening voor de lozing van afvalwater van laboratoria het onderhavige rapport en de daarop gebaseerde aanbevelingen als leidraad te hanteren.

Exemplaren van dit rapport kunnen worden verkregen bij de Hoofddirectie van de Waterstaat, Postbus 20906, 2500 EX 's-Gravenhage, ter attentie van mevrouw T. van der Zwan (tel.: 070 - 74 43 69).

